



Année Universitaire 2021/2022



**Licence Sciences et Techniques : Géoressources et Environnement**

## **MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

### **Étude technique et économique par la pose des prélocalisateurs des fuites à poste fixe au niveau du secteur B Modulé de Salé ( REDAL Rabat)**

Présenté par :

SERMA AMINA

Encadré par :

Pr. BENJELLOUN FAIZA, professeur à la FST de Fès.

Ing. RIAHI ADIL, REDAL Rabat.

Soutenu le 05 /07/2022, devant le jury composé de :

Pr. BENJELLOUN FAIZA FST Fès

Pr. RAIS NAOUAL FST Fès

Pr. BENAABIDATE LAHCEN FST Fès

Pr. BENABDELHADI MOHAMMED FST Fès

Pr. EL GAROUANI ABDELKADER FST Fès

Stage effectué à : REDAL RABAT

# Remerciements

Tout d'abord je veux dire Alhamdulillah, merci à Dieu qui nous à donné le courage et la patience durant toute les années d'étude.

Mes remerciements à mon encadrante Madame **FAIZA BENJELLOUN**, professeur à la FST de FES, pour son aide pendant l'élaboration de ce mémoire, pour ses précieux conseils, son écoute active et sa disponibilité.

Je tenais vivement à remercier **Mr.RIAHI ADIL** mon encadrant de stage et responsable département techniques eau au sein du REDAL Rabat pour ces conseils et pour sa disponibilité et je tiens à remercier tous les employés de la REDAL.

Je tiens à exprimé ma profonde gratitude pour les membres du jury les professeurs :

**Pr.NAOUAL RAIS, Pr. BENAABIDATE LAHCEN, Pr.BENABDELHADI MOHAMMED**  
et **Pr.EL GAROUANI ABDELKADER** pour leur présence et leur participation au jugement de ce modeste travail.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs et toute l'équipe pédagogique de la licence GRE «Géoressources et Environnement».

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué au succès de mon stage et qui m'ont aidée de près comme de loin pendant l'élaboration de ce mémoire.

# *Dédicace*

**Je dédie ce travail**

**A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour à fait de moi ce que je suis aujourd'hui.**

**Mes frères et sœurs, a tous mes amis qui m'ont toujours encouragé tout au long de mon parcours.**

## Résumé

La problématique de Localiser les fuites constitue un enjeu environnemental et économique important, ce qui explique que la performance des gestionnaires d'eau potable est souvent jugée sur leur capacité à réduire la durée de localisation des fuites puis les réparer rapidement.

Le travail présenté dans ce mémoire s'articule autour de la localisation des fuites par adaptation d'une nouvelle technologie qui est la prélocalisation à poste fixe sur les réseaux d'eau potable.

Cette technique consiste à équiper le réseau de distribution par des capteurs acoustiques à poste fixe qui écoutent en permanence les bruits de réseau et informent en temps réel le cas de présence d'une fuite, ils permettent ainsi de réduire le temps d'écoulement d'une fuite.

On s'adresse à faire une étude technique et économique (investissement) par la pose des prélocalisateurs au niveau du secteur B Modulé de Salé (REDAL Rabat).

**Mots clés :** Prélocalisateur , détection des fuites, les pertes d'eau ,le secteur B Modulé du Salé, REDAL Rabat

# SOMMAIRE

|  |           |
|--|-----------|
| Remerciements .....  | 1         |
| Dédicace.....  | 2         |
| Résumé.....  | 3         |
| Sommaire.....  | 4         |
| Liste des figures.....   | 6         |
| Liste des tableaux.....  | 7         |
| Liste des abréviations.....  | 7         |
| <b>Introduction générale.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>1-Introduction.....</b>   | <b>8</b>  |
| <b>2-Aperçu sur REDAL .....</b>  | <b>8</b>  |
| a-les missions du REDAL.....   | 8         |
| b-Alimentation en eau potable .....  | 9         |
| c-les ressources en eau du REDAL .....                                       | 9         |
| <b>Chapitre 1 : Généralités la problématique d'eau.....</b>                  | <b>11</b> |
| <b>1-la problématique d'eau.....</b>   | <b>11</b> |
| a-L'interet de l'eau a l'échelle mondiale .....                              | 11        |
| b-Les pertes en Eau.....   | 11        |
| c-Action pour préserver les ressources en eau et améliorer le rendement..... | 12        |
| <b>Chapitre 2: La détection des fuites.....</b>                              | <b>13</b> |
| <b>1-Le réseau de l'eau potable.....</b>                                     | <b>13</b> |
| <b>2-Fuite de l'eau potable.....</b>   | <b>13</b> |
| a-Définition.....  | 13        |
| b-l'origine d'une fuite d'eau.....   | 14        |
| c-Les types des fuites qui peuvent exister.....                              | 14        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>3-Techniques de détection des fuites.....</b>   | <b>15</b> |
| a-les méthodes acoustiques .....   | 15        |
| b-les méthodes non acoustiques.....  | 15        |
| <b>4-l'expérience sur terrain.....</b>   | <b>16</b> |
| a-Matériels utiliser dans la détection des fuites .....  | 16        |
| b-Choix du secteur.....  | 18        |
| c-Détection par prélocalisation mobiles.....   | 18        |
| d-Détection par Corrélation.....   | 19        |
| <b>Chapitre 3 : Détection par prélocalisation à poste fixe.....</b>                                | <b>20</b> |
| 1-les prélocalisateurs à poste fixe.....   | 20        |
| a-Caractéristiques générales des prélocalisateurs fixes.....                                       | 21        |
| b-Gestion à distance des prélocalisateurs.....   | 21        |
| 2-Etude technique par la pose des prélocalisateurs à poste fixe au niveau du secteur B modulé..... | 22        |
| a-la zone d'étude.....   | 22        |
| b-Etude technique.....   | 23        |
| 3-Etude économique par la pose des prélocalisateurs au niveau du secteur B modulé.....             | 27        |
| 4-le retour sur l'investissement.....  | 28        |
| <b>Conclusion.....</b>   | <b>31</b> |
| <b>Références.....</b>   | <b>32</b> |

## Liste des figures

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figure 1 : Carte périmètre REDAL.....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>Figure 2 :_Position géographique du BSMBA.....</b>   | <b>9</b>  |
| <b>Figure 3 :_Fuite d'eau par un trou.....</b>  | <b>14</b> |
| <b>Figure 4 : Détection acoustique mobile.....</b>  | <b>16</b> |
| <b>Figure 5 : L'AQUAPHON A 100.....</b>   | <b>17</b> |
| <b>Figure 6 :_L'équipe de détection des fuites du REDAL.....</b>                                    | <b>17</b> |
| <b>Figure 7 : SEPEM 01.....</b>   | <b>18</b> |
| <b>Figure 8 : LE MASTER.....</b>  | <b>18</b> |
| <b>Figure 9 : Apparition de bruit sur l'écran de corrélateur.....</b>                               | <b>19</b> |
| <b>Figure 10 : L'emplacement géographique du secteur B modulé de Salé.....</b>                      | <b>23</b> |
| <b>Figure 11 : Signal de prélocalisateur en cas fuite/ non fuite.....</b>                           | <b>25</b> |
| <b>Figure 12 : La position des prélocalisateurs installer dans le secteur B modulé de Salé.....</b> | <b>26</b> |
| <b>Figure 13 : Augmentation du coût récupère cumulé au cours des années.....</b>                    | <b>29</b> |
| <b>Figure 14 : Augmentation total de cumulé avec les années.....</b>                                | <b>29</b> |
| <b>Figure 15: le retour sur l'investissement dès la 2éme année.....</b>                             | <b>30</b> |

## Liste des tableaux

|  |    |
|--|----|
| <b>Tableau 1</b> : Le rendement en eau et la capacité des réservoirs des années 2002-2016 d'après REDAL..... | 9  |
| <b>Tableau 2</b> : Facteurs influencent l'apparition des fuites.....   | 14 |
| <b>Tableau 3</b> : Avantages et inconvénients de prélocalisateur .....                                       | 20 |
| <b>Tableau 4</b> : Valeurs de référence pour Les fuites.....   | 24 |
| <b>Tableau 5</b> : Les données économiques des prélocalisateurs.....   | 27 |
| <b>Tableau 6</b> : Résumé de l'étude économique pour les prélocalisateurs .....                              | 28 |

## Liste des abréviations :

**RPC** : Robinet de prise en charge

**RV** : Robinet vanne

**GPRS**: General Packet Radio Service

**GSM** : Groupe spécial mobile ou équivalent

**PVC** : Polychlorure de vinyle

**AC** : amiante ciment

**FD** : fonte ductile

**BSMBA** : Barrage Sidi Mohammed Ben Abdallah

**IWA** : (International Water Association) L'Association international de l'Eau

**AWWA**: (American Water Works Association ) L'Association américaine des ouvrages hydrauliques

**SIGID** : system de gestion des réclamations

# Introduction générale

## 1- Introduction

Détecter, localiser puis réparer les fuites sur les réseaux d'eau potable constituent une préoccupation majeure pour les gestionnaires.

Afin de réduire la perte d'eau à travers les fuites, REDAL a adapté un nouveau système de télésurveillance permanent du réseau d'alimentation d'eau potable pour détecter et localiser les fuites dans les secteurs hydrauliques.

Le système à une transmission GPRS/GSM, il est composé par des prélocalisateurs acoustiques fixes par un aimant dans les vannes ou les robinets de prise en charge (RPC) dans des bouches à clé.

## 2-Aperçu sur LA REDAL:

REDAL est une entreprise chargée de la gestion déléguée des services de la distribution d'électricité, d'eau potable et assainissement liquide, réparti presque sur 23 Communes et Arrondissements de Rabat, Salé, Temara, Skhirat ainsi que Bouznika et Charrat.

Le réseau eau couverte 69 secteurs hydrauliques réparti presque sur 4500 Km de réseau de l'eau potable : Rabat 21 secteurs, Temara/Skhirat 19 secteurs, Sale/Bouknadel 29 secteurs.

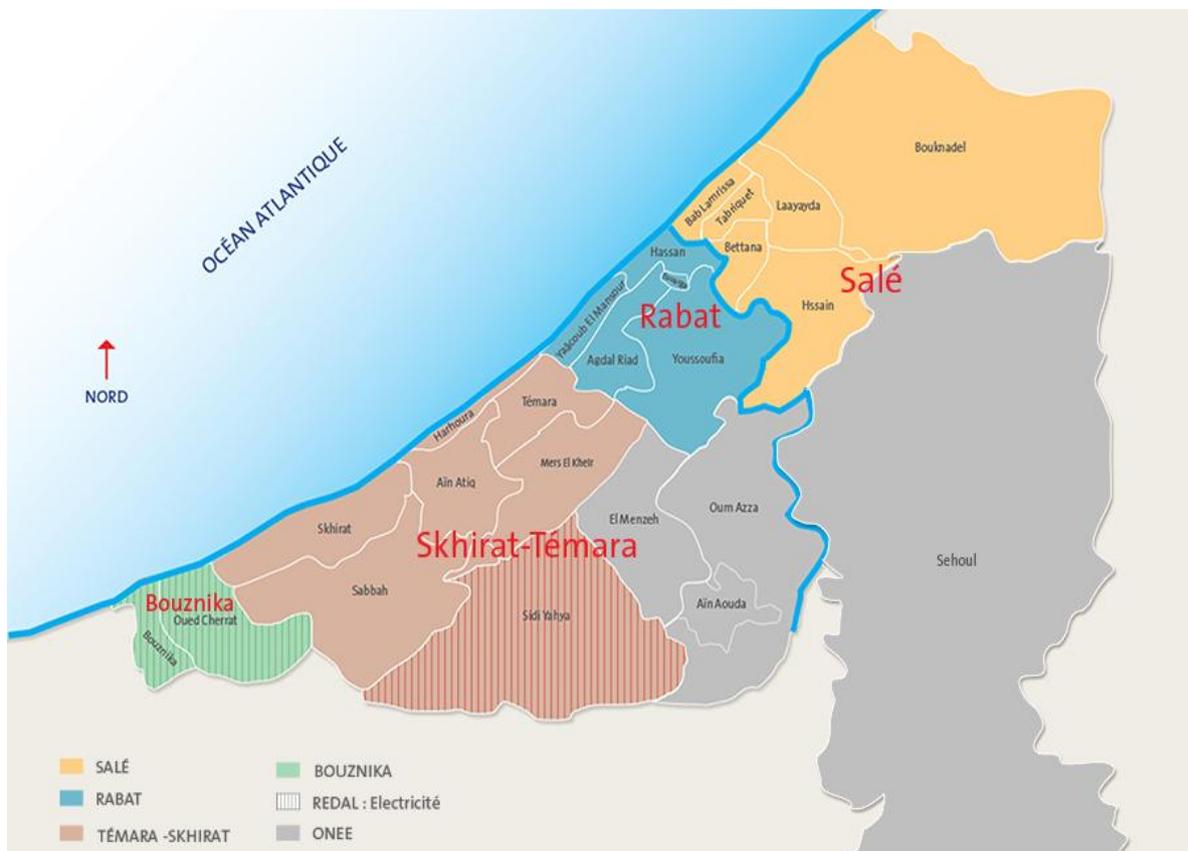


Figure 1 : carte périmètre de REDAL

### a-Les Missions du REDAL :

La distribution de l'eau potable : REDAL filiale de Veolia Maroc distribue annuellement environ 82 000 000 m<sup>3</sup> d'eau potable en respectant les normes de qualité nationale et internationale.

L'opération de distribution d'eau potable dans le périmètre d'activité de REDAL est assurée par 29 réservoirs dont la capacité globale dépasse 333 000 m<sup>3</sup> pour répondre aux besoins d'une population de 2 200 000 habitants, à cela s'ajoute une dizaine de station de pompage qui permettent d'acheminer l'eau vers les zones hautes.

READL assure aussi la distribution d'électricité et la collecte et le traitement des eaux usées.

### b-Alimentation en Eau Potable :

READL assure la continuité et la qualité du service d'alimentation en eau potable de la Wilaya de Rabat-Salé par l'exploitation quotidienne d'un ensemble d'ouvrage, d'équipement et de réseau d'adduction et de distribution :

- 14 réservoirs qui comptent 28 cuves de stockage dont la capacité est de 333 000 m<sup>3</sup>.
- 6 puits en fonction, d'une production moyenne d'environ 8200 m<sup>3</sup>/J
- 11 stations de pompage : 3 à Rabat, 6 à Sale, 2 à Temara
- Un réseau de distribution d'une longueur de 4500 Km
- 1 laboratoire de surveillance de la qualité de l'eau potable

**Tableau 1: le rendement en eau et la capacité des réservoirs des années 2002-2016 d'après REDAL**

|                                   | 2002                   | 2016                   |
|-----------------------------------|------------------------|------------------------|
| Rendement d'eau                   | 68,20%                 | 81,60%                 |
| capacité de stockage de réservoir | 233 500 m <sup>3</sup> | 335 000 m <sup>3</sup> |

### c-les ressources en eau du REDAL :

La principale ressource d'eau pour REDAL est le Barrage Sidi Mohammed Ben Abdallah (BSMBA)



**Figure 2 : Position géographique du BSMBA (Google maps)**

Le Barrage Sidi Mohamed Ben Abdallah Edifié en 1974 pour mobiliser les eaux des bassins versantes des oueds BOURGRAG il est exclusivement réservé à la production d'eau potable et industrielle. Sa capacité en 2001 est de 446 Millions de m<sup>3</sup>.

REDAL a aussi comme ressources en eau des forages d'eau et des puits qui assurent une distribution directe dans des zones telle que la zone industrielle de Salé El Jadida Technopolis.

# **Chapitre 1: Généralités sur la problématique de l'eau**

## **1-La Problématique d'eau**

### **a-L'intérêt de l'eau a l'échelle mondiale**

L'eau a une importance sans égale pour la vie sur la terre, l'eau douce ne représente que 25% de l'eau présente sur la terre, elle se trouve dans les glaciers, les nappes souterraines, les lacs et les rivières, et seul 1% de l'eau douce est accessible et peut fournir de l'eau potable.

Dans l'industrie, dans l'agriculture aussi dans le domaine énergétique l'eau joue un rôle important dans le fonctionnement de ces domaines.

### **b-Les pertes en Eau**

Il n'existe pas de définition universelle pour les pertes en eau. En effet la desserte de la population en eau potable est assurée par des systèmes qui prélèvent l'eau dans le milieu naturel (superficiel ou souterrain), la transportent si besoin vers des unités de traitement pour en garantir la potabilité, la stockent et la pompent lorsque c'est nécessaire, puis la distribuent à chacun des usagers par un réseau de canalisations souterraines.

Au cours de ces différentes étapes, une partie de l'eau prélevée est utilisée pour assurer le bon fonctionnement des systèmes (lavage des unités de traitement, nettoyage des réservoirs et des canalisations...), une partie est soustraite pour des usages annexes ou illicites (défense incendie, lavage de voirie, vols d'eau...) et une partie s'échappe par des fuites au niveau des ouvrages ou des canalisations. Il en résulte que le volume d'eau finalement disponible pour les usagers est inférieur à celui qui a été extrait des ressources en eau. De plus, une partie de l'eau n'est pas prise en compte par les instruments de mesure.

La grande quantité d'eau perdue dans divers réseaux de distribution est à travers les fuites.

La lutte contre les pertes d'eau potable dans les réseaux de distribution est un enjeu considérable sur les territoires qui connaissent des problèmes de ressources.

En raison de l'importance de cette denrée REDAL, veille au traitement des fuites au niveau du réseau de distribution de l'eau potable afin de préserver l'eau et améliorer le rendement.

### **c-Actions pour préserver les ressources en eau et améliorer le rendement**

La réduction des pertes des réseaux de distribution d'eau potable répond à un enjeu national, à savoir la préservation quantitative des ressources pour l'usage d'eau potable. Sa traduction locale doit être adaptée en fonction de la fragilité et de la vulnérabilité de la ressource d'une part et des contraintes liées à la configuration du service d'autre part.

Durant les deux dernières décennies plusieurs méthodes maintenant reconnues comme technologie de pointe ont été élaborées pour réduire les pertes en eau, cependant plusieurs compagnies des eaux à travers le monde doivent encore mettre en action des stratégies durables de gestion des pertes en eau.

Une des méthodes proposées pour réduire les pertes en eau est :

La modulation ou la gestion de la pression

#### **Principe de la gestion de la pression:**

La gestion de la pression peut être définie comme la pratique de la gestion des pressions du système à des niveaux de service optimaux tout en assurant un service suffisant et efficient pour des usages légitimes.

La modulation de pression dans le réseau a pour but de réduire le volume d'eau perdu par les fuites.

Et pour réduire ces pertes en Eau L'Association international de l'Eau (IWA) recommande quelques principes :

- Gestion active des fuites ;
- Gestion de l'infrastructure ;
- Gestion de la pression ;
- Rapidité et qualité de répartition ;

## **Chapitre 2 : la détection des fuites**

Depuis longtemps, la recherche des fuites consiste à écouter puis analyser les bruits captés sur le sol ou sur la canalisation, en effet l'écoulement de l'eau dans le sol provoque un bruit ce qui permet de savoir si le réseau de l'eau potable est enfouie par l'augmentation de niveau du bruit.

### **1-Le réseau de l'eau potable**

Le réseau de l'eau potable est une infrastructure complexe, il a pour fonction de base de délivrer aux usagers une eau de bonne qualité avec une quantité suffisante.

- **Les éléments constituant un réseau d'eau :**
  - Les canalisations : a pour rôle le transport d'un certain débit d'eau.
  - Les branchements : constituent le raccordement des usagers au réseau de distribution. Ils sont regroupés en fonction de diamètre.
  - Les appareils de frontières : les vannes, les ventouses (pour purger l'air qui peut s'emmagasiner dans le conduit) et les bouches d'incendie.
- **Les principales fonctions d'un réseau d'eau potable :**
  - La production
  - Le stockage
  - La distribution

Cette infrastructure (réseau de l'eau potable) subit au cours de temps une dégradation qui se manifeste par une augmentation des fuites et alors une des missions principales des gestionnaires de réseau consiste à les détecter puis les réduire.

### **2- fuite de l'eau potable**

#### **a -Définition :**

Une fuite est une perte d'eau provenant de la présence d'un « orifice » sur le réseau (tuyau, raccord entre différentes pièces...). Une fuite se caractérise par son écoulement continu (un débit plus ou moins constant)



**Figure 3: Fuite d'eau par un trou**

**b-L'origine d'une fuite d'eau**

Elle peut être venue d'un problème de canalisation, une dégradation des tuyaux avec le temps, ou l'augmentation de pression de l'air et de l'eau dans les canaux, une installation non adaptée...

**c-Les types des fuites qui peuvent exister :**

- Fuite sur-conduite / Fuite plan-conduite
- Fuite sur Branchement ente Robinet de prise en charge (RPC) et la Niche
- Fuite sur l'arrivée
- Fuite sur la Niche
- Fuite sur pièces spéciale (vidange, ventouse ...)
- Fuite sur Bouche à clé
- Fuite sur Bouche d'incendie

Ces fuites peuvent être invisibles (souterraine) ou visibles sur la surface du sol.

**Tableau 2: Facteurs influencent l'apparition des fuites**

| Facteurs lies l'exploitation du réseau  | Facteurs propre à la canalisation   | Facteurs lies à l'environnement de la canalisation   |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vitesse d'écoulement</li> <li>- Pression de l'eau (2-10 Bars suivant le réseau)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diamètre</li> <li>- Le matériau</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mouvement de sol et le trafic</li> <li>- Les travaux avoisinants</li> </ul> |

### 3-Techniques de détection des fuites

La Recherche des fuites sur les réseaux de l'eau potable constitue une prioritaire pour les gestionnaires, et pour cela un ensemble de méthodologies ont été mises en place.

#### a-Les méthodes non acoustiques

##### •Le gaz traceur :

Le procédé de la recherche de fuites d'eau par gaz traceur  $\text{SCl}_6$  (Hexachlorure de soufre) ou  $\text{RH}_6$  (Mélange d'azote et d'hydrogène), cette méthode consiste à injecter sous pression dans la canalisation un gaz traceur inodore et non dangereux sur la santé.

##### •Détection par Balayage :

##### La détection par géoradars :

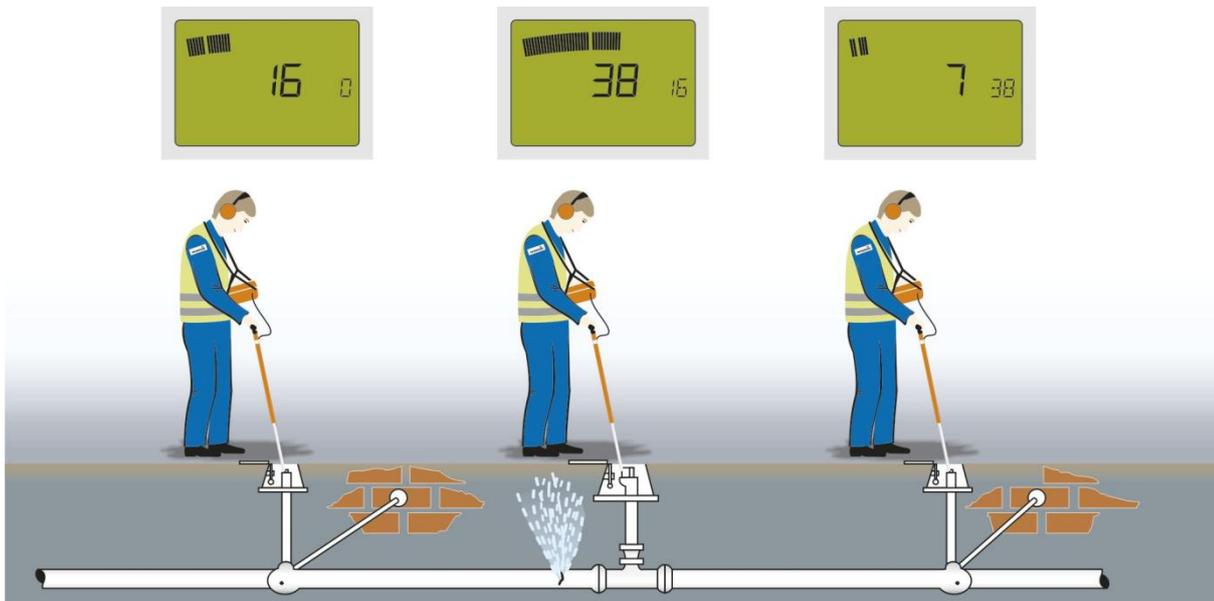
Le **géoradar** est un appareil de géo-détection permettant d'étudier la composition et la structure des sols. Il envoie des ondes électromagnétiques dans le sol via un sonar d'émission. Lorsque ces ondes rencontrent des changements de milieux, une partie est renvoyée vers la surface et est captée à l'aide de l'antenne de réception.

Elle calcule les échos successifs associés aux contrastes rencontrés par les ondes électromagnétiques au cours de leur propagation. Ces contrastes témoignent de la présence de réseaux enfouies ou des différentes canalisations. (Rdetek Réseaux)

#### b-Les méthodes acoustiques

Les méthodes acoustiques consistent à détecter les fuites via des appareils acoustiques.

Dans la détection électroacoustique de fuites, l'oreille humaine joue un rôle important. Mieux que n'importe quel appareil, avec un bon entraînement, la mémoire auditive permet de différencier les bruits parasites des bruits émis par la fuite.



**Figure 4: Détection acoustique mobile**

#### **4-L'expérience sur le terrain**

L'équipe de la détection des fuites de l'eau potable est composé d'un chef d'équipe qui suit toute l'opération de la détection et 3 aides.

##### **a-Le matériel utilisé dans la détection des fuites**

- Le Récepteur AQUAPHON A 100 Détection électroacoustique de fuites d'eau.

##### **Principe de l'AQUAPHON :**

Lors d'une fuite sur une canalisation sous pression, l'eau s'écoule à grande vitesse par la cassure et pénètre dans le sol.

Le matériau des canalisations vibre au niveau du point de sortie. Le tuyau transmet ces vibrations, qui peuvent être perçues en des points de contact éloignés, les vannes par exemple.

L'AQUAPHON A 100 permet d'entendre ce bruit.

La terre vibre elle aussi sous l'effet du jet d'eau et à proximité de la fuite sous l'influence du tuyau.

Ces vibrations se propagent jusqu'à la surface du sol, où elles peuvent être perçues sous forme de sons.



Figure 5: L'AQUAPHON A 100



Figure 6: L'équipe de détection des fuites du REDAL

- Prélocalisateur des fuites par SEPEM 01 : qui consiste à enregistrer les bruits qui répètent fréquemment au moment le plus silencieux de la nuit, après il envoie les données enregistrées vers le Master
- Le Master : permet le lecteur des données enregistrées durant la nuit par le SEPEM01.



**Figure 7: SEPEM 01**

### **b-Le choix du secteur**

Le choix du le secteur à travailler est définie par le responsable de la REDAL suite la plus part de temps par l'indice de mesure de débit dans chaque secteur.

### **c-Technique de détection par les prélocalisateurs mobiles**

L'équipe utilise un appareil acoustique pour faire l'écoute les bruits de fuites dans les petites ruelles, ils font l'écoute de Robinet de prise en charge (RPC) dans l'entrée de chaque secteur et même pour les Robinets vannes de chaque maison.

S'ils détectent par l'écoute qu'il y a un bruit, ils posent le SEPEM dans chaque Robinet Vanne (RV) dans le réseau pour confirme que le bruit vient d'une fuite et non pas un tirage d'eau.

La distance entre deux prélocalisateurs est de 60-80 m

Le lendemain l'équipe enlève les prélocalisateurs , ils lisent les données présenter dans LE MASTER s'il valide que le bruit est déjà continu dans la nuit donc il s'agit d'une fuite d'eau.

Après la localisation de ces fuites l'équipe lance la position de fuite à la REDAL via une application téléphonique, ils le marquent par un marquer rouge et notent l'adresse du secteur.

L'équipe de réparation du REDAL vient pour résoudre le problème dans une durée qui ne dépasse pas les 48h.



**Figure 8: LE MASTER**

#### d-Détection par Corrélation

La corrélation acoustique est la détection par calcul du positionnement des fuites d'eau sur les réseaux de canalisations enterrés. Le bruit généré par la fuite se propage à une certaine vitesse de part et d'autre de la conduite à différents moments, cette différence de temps dépend de la distance de la fuite par rapport aux deux points de contact.

Pour réduire la zone où il y a la fuite ils utilisent un corrélateur pour localiser la ou la fuite existe.

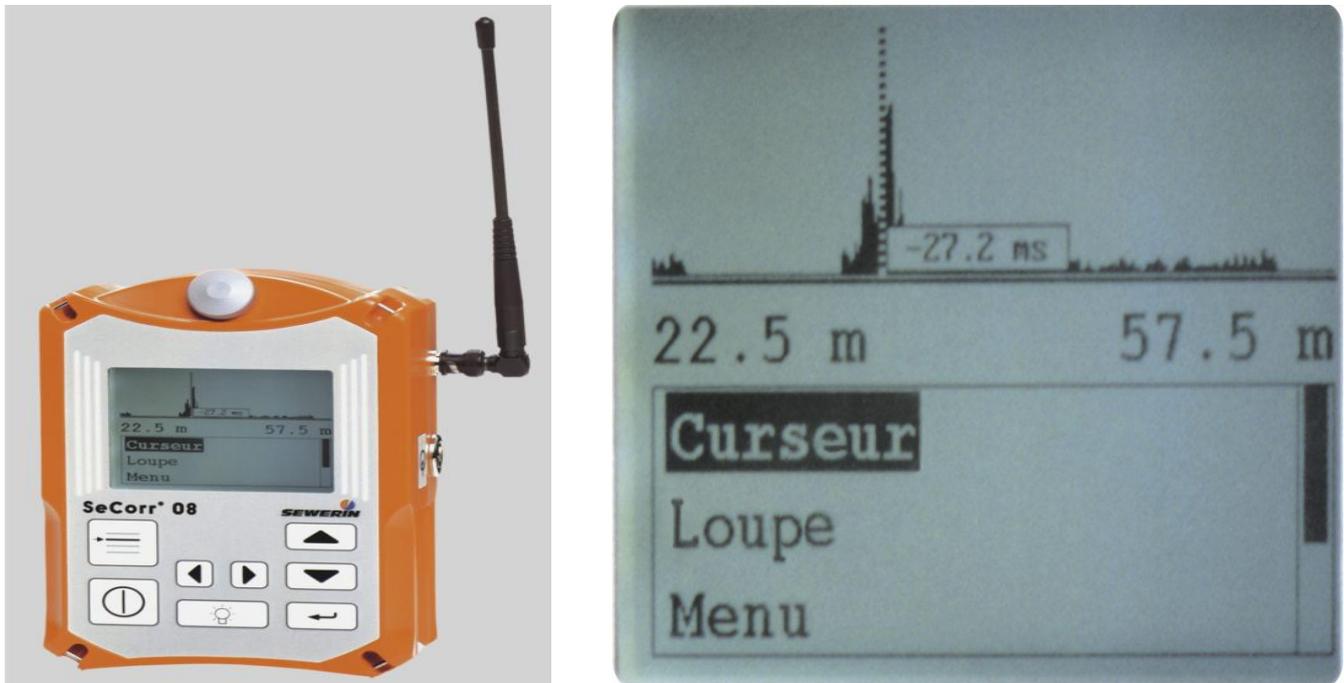


Figure 9 : Apparition de bruit sur l'écran de corrélateur

Lorsque le corrélateur affiche un pique s'indique que le bruit, il s'agit bien d'une fuite d'eau.

En insérant les données telles le matériau, le diamètre et la longueur du tronçon de mesure permettent de calculer la position exacte de la fuite par le corrélateur.

## **Chapitre 3: Détection des fuites par Prélocalisation à poste fixe**

La technique de prélocalisation fixe consiste à équiper le réseau de distribution par des capteurs acoustiques à poste fixe qui écoutent en permanence les bruits de réseau et informent en temps réel le cas de présence d'une fuite, ils permettent ainsi de réduire le temps d'écoulement d'une fuite.

L'objet de ce travail consiste à :

- Faire une étude technique sur la détection des fuites par prélocalisation à poste fixe au niveau du secteur B modulé de Salé.
- Faire une étude économique (investissement et exploitation) pour ces prélocalisateurs à poste fixe au niveau de même secteur.
- Faire un calcul de retour sur l'investissement.

### **1-les prélocalisateurs à poste fixe :**

#### **Définition:**

Les prélocalisateurs fixes sont des capteurs acoustiques portant une carte SIM programmés pour enregistrer les niveaux de bruits et déterminer les cas de bruits permanents.

Les données enregistrées est envoyées tous les jours vers un serveur Cloud Internet via le réseau GSM.

**Tableau 3: Avantages et inconvénients de prélocalisateur**

| <b>AVANTAGES</b>  | <b>INCONVENIENTS</b>  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>-Réduire le délai de détecter la fuite</li><li>-lancement immédiat le cas de présence de la fuite</li><li>-Réduire la zone de recherche des fuites pour les techniciens</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>-Moins efficace dans les conduits à PVC (les tuyaux en plastique)</li></ul> |

#### **a-Caractéristiques générales des prélocalisateurs :**

- Identification à distance des fuites pour réduire le temps de présence de fuites et améliorer l'efficacité de l'exploitation.
- Visualisation des données sur cartographie.
- Fichier audio disponible pour écouter à distance afin de confirmer la présence de bruit de fuite.
- L'algorithme de bruit puissant afin de réduire le nombre de fuite non détectées .

## Les caractéristiques techniques des prélocalisateurs

- Indice de protection : IP68
- Durée de vie de la batterie : 5 ans
- Communication : (General Packet Radio Service) GPRS/GSM Groupe spécial mobile ou équivalent.
- Températures : -30°C à +70°C
- Mesures quotidiennes sur une période d'écoute et un pas de temps paramétrable par l'utilisateur.
- Conditions de pose : les pré localisateurs destinés à être implantés en intégralité dans des bouches à clé comportant un tube allonge.

Le prélocalisateur est programmable et activable sur le terrain avec des outils faciles (Smartphone, tablette, systèmes Android, Bluetooth...)

Plusieurs choix seront adaptables sur le prélocalisateur afin de pouvoir s'adapter a toutes les conditions de terrain et de réseau.

### b-Gestion a distance des prélocalisateurs :

- **Gérer les fuites :**

Les prélocalisateurs sont gérables via une plateforme web, cette application web permettra de réaliser des corrélations déterminant la distance entre les fuites suspectées et les capteurs en alerte.

Elle proposera un outil permettant de catégoriser et d'enregistrer les différentes fuites et réparations effectuées.

- **Gérer les données :**

La plateforme web propose un tableau de bord affichant une vue générale de l'état, permettant de voir quelles sont les fuites détectées, les appareils en fonctions et les appareils en défauts.

La station de supervision des prélocalisateurs est dotée d'une cartographie dynamique (sur google maps) avec un affichage des alarmes sur les positions de points de mesure.

Elle permet d'un rapide coup de l'œil l'identification des zones fuyards grâce à un code couleur et de se repérer géographiquement de façons rapides.

La station de supervision des appareils va visualiser les données et les points de mesure sur une carte interactive, avec une analyse des données sur tableau et graphe.

### **-La transmission des informations**

La transmission des informations se fait par :

- Identifier l'adresse de l'appareil, la date de transmission.
- Indication du niveau du bruit et de la présence ou non de la fuite, et le niveau de la batterie.

La mémoire interne de l'appareil permettra de contenir plusieurs jours d'analyse au moins 20 et au moins un son de 10 sec de qualité suffisante pour permettre la corrélation entre l'appareil.

Les appels des appareils pourront être déterminés par heure précise ainsi par fréquence.

Les appareils pouvant permettre de réaliser des corrélations elles devront être équipés d'un système permettant la synchronisation une fois par jour.

### **Fréquence de Transmission :**

- Envoi journalier de toutes les données recueillies durant la nuit
- Envoi de 10 sec de son enregistré
- En cas d'échec de transmission des données, l'appareil permet de conserver Les données et de les retransmettre dès que la transmission est rétablie.

### **Transmission des données :**

Transmission des données via le réseau GSM vers le système de supervision (Plateforme de REDAL).

## **2-Etude Technique par la pose des prélocalisateurs à poste fixe au niveau de secteur B Modulé de Salé :**

### **a- La zone d'étude : Secteur B Modulé de salé**

Le secteur B Modulé du Salé, comporte la zone de Sidi Moussa, Diyar et Route Kenitra .  
Le nom Modulé signifie le mode d'alimentation Modulation qui est un changement de la pression de l'eau selon le besoin et selon la période.

Le réseau d'eau est alimenté par le réservoir Inbiaat via deux régulateurs :

Route kénitra et Diyar répartis sur un linéaire de 100 Km

Les données hydrauliques du secteur B modulé sont ce qui suit :

- (Débit minimal)  $Q_{\min} = 30 \text{ l/s}$
- (Débit moyen)  $Q_{\text{moy}} = 140 \text{ l/s}$
- (Pression moyen)  $P_{\text{moy}} = 3 \text{ Bar}$
- (Pression minimal)  $P_{\min} = 2 \text{ Bar}$

(Les débits sont mesurés par rapport à la consommation annuelle des usagers)



**Figure 10: l'emplacement géographique de secteur B Modulé de Salé**

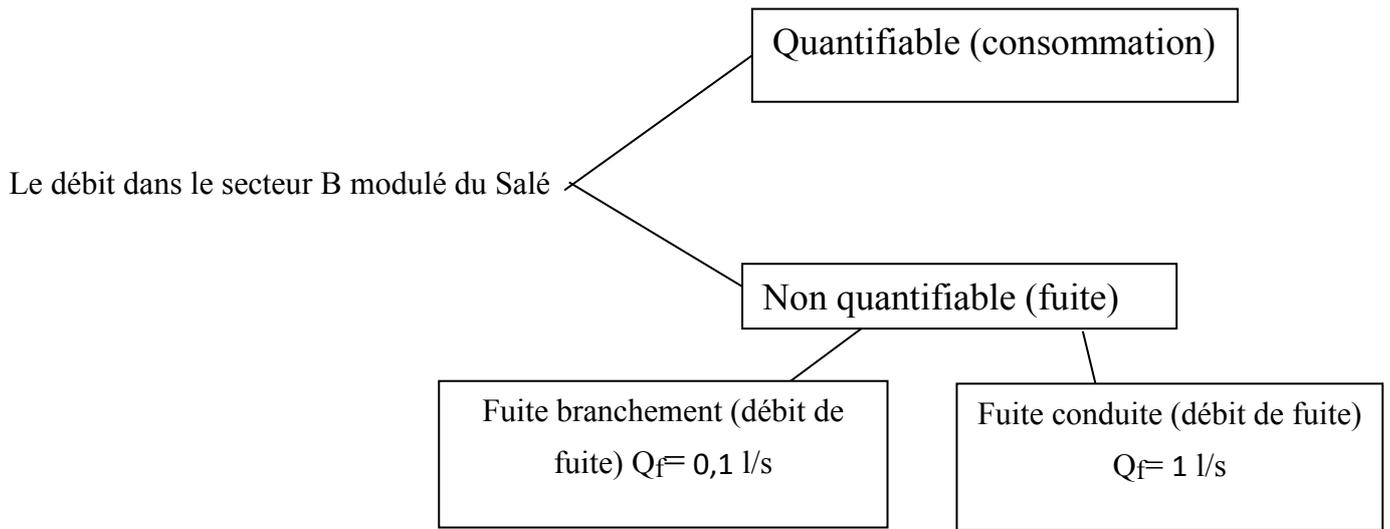
#### **b- Etude Technique :**

Pour une bonne gestion de réseau de l'eau potable dans le secteur, et pour faciliter la détection des fuites et réduire le délai de les localiser, REDAL a adapté une méthodologie de prélocalisation des fuites à poste fixe comme étant une méthode de réalisation d'un diagnostic rapide sur la présence ou l'absence d'une fuite dans une zone donnée.

Les fuites engendrent des pertes qui peuvent être de types :

- Pertes en adduction qui survient dans le cas où il y a des transferts d'eau très important entre la production et la mise en distribution.
- Pertes en distribution qui correspondent à la différence entre le volume d'eau distribué et le volume consommé.

**Schéma des débits dans le secteur B modulé de Salé**



En matière de fuite l’American Water Works Association (AWWA) a fixé certaines valeurs de référence présente dans le tableau ci-dessus :

**Tableau 4 : Valeurs de référence pour les fuites [réseau environnement, 99]**

| Critères                           | Fuite m <sup>3</sup> /J .Km |
|------------------------------------|-----------------------------|
| Objectif pour l’ensemble de réseau | 10 à 15                     |
| Secteur en très bon état           | 5 à 10                      |
| Secteur en mauvais état            | 20 et plus                  |
| Limite technique de détection      | 5                           |

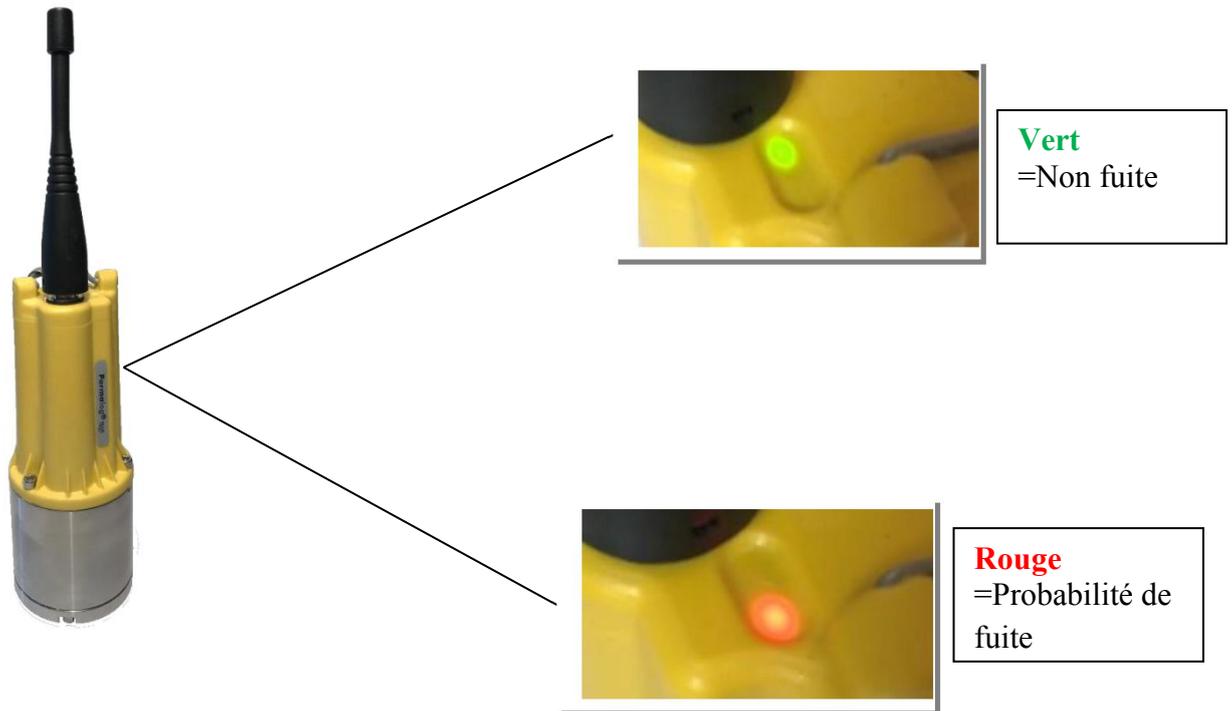
Fréquence de balayage= Nombre de passage sur 6 secteur/ an

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Linéaire balayage dans une année (Km)}}{\text{Linéaire du secteur (Km)}} \\
 &= \frac{450 \text{ Km}}{100 \text{ Km}} = \boxed{4,5}
 \end{aligned}$$

On a fait une étude sur le volume récupérer pour le mois d’avril 2022, l’installation des ces prélocalisateurs à menée à enregistrer un volume récupéré de 20 000 m<sup>3</sup> dans le secteur.

## Les données techniques :

Les appareils (les prélocalisateurs fixes) enregistrent le bruit et envoient le signal via le Cloud HWM (plateforme propre au REDAL), après l'équipe vérifie sur le terrain le type de fuite existant tout en intégrant les données dans le SIGID (system de gestion des réclamations).



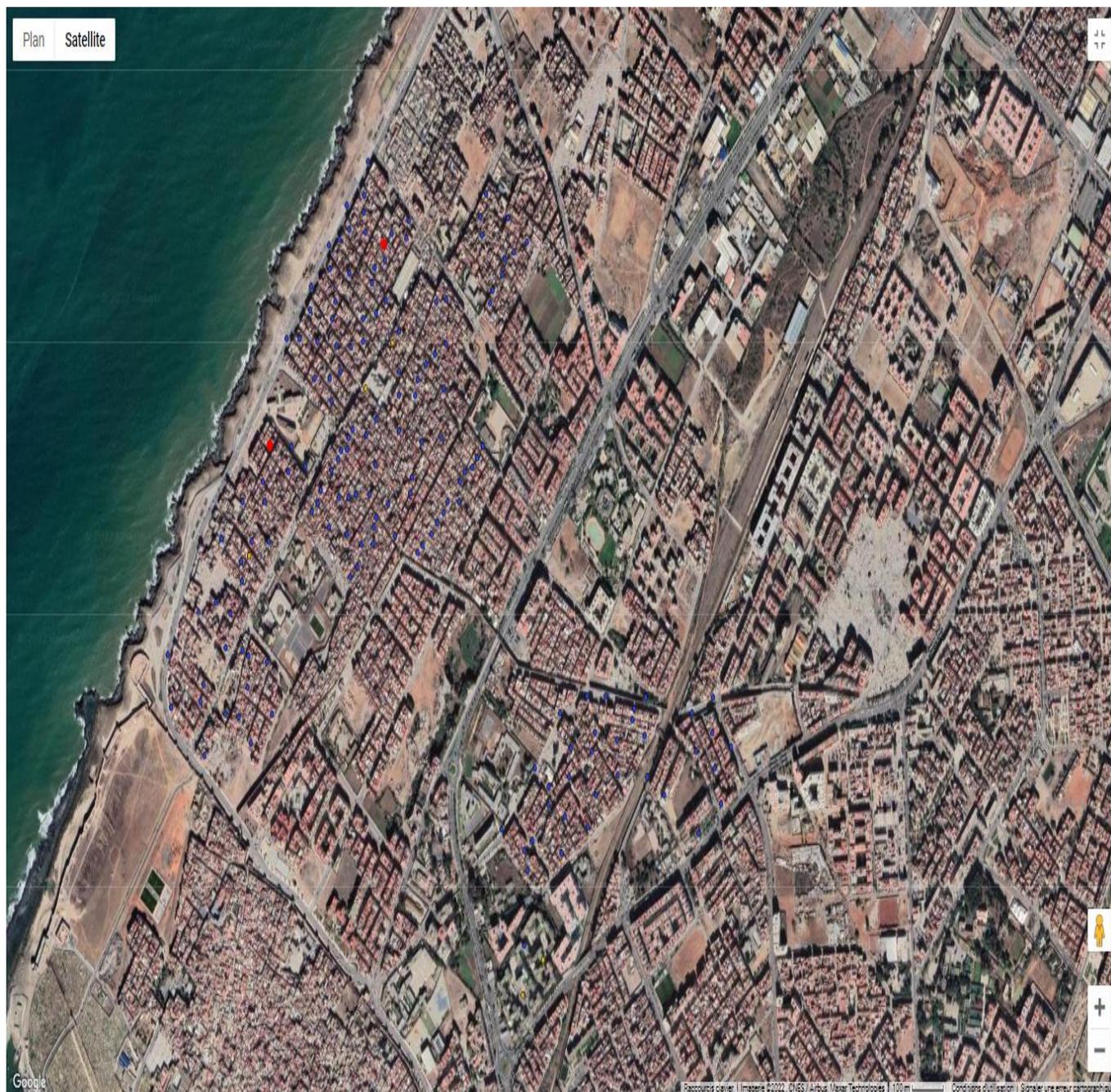
**Figure 11: Signal de prélocalisateur en cas de fuite/ non fuite**

REDAL à poser dans le secteur B Modulé de Salé 169 capteurs de bruit fixe, basé sur les critères ci-dessous :

- Distance entre deux appareils = 150 m
- Pose uniquement sur les conduites en Amiante ciment AC ou les tuyaux en fonte ductile FD
- Pose sur tête de vannes ou Robinet de prise en charge.

Le contrat actuel prend en compte que :

- Les frais de communication avec l'appareil seront payés à partir de la 5<sup>ème</sup> année
- Le délai de la garantie est fixé à deux ans
- La durée de vie de batterie est de 5ans
- L'étalonnage doit être fait tout les 2 ans
- Le coût de maintenance/ exploitation constitue 10 % du prix d'achat de l'appareil et il sera payé à partir de la 3<sup>ème</sup> année



**Figure 12: La position des prélocalisateurs installé dans le secteur B Modulé de Salé ( les prélocalisateurs fixes est marquées en bleu)**

## 5-Etude économique par la pose des prélocalisateurs au niveau du secteur B modulé de Salé

Le coût d'achat des capteurs est de 6868 DHS par unité.

REDAL a investi un montant de 1 160 692 DHS sur 10 ans pour l'achat de 169 capteurs pour le secteur B modulé.

Le coût d'exploitation ou de maintenance sur 10 ans :

Année 1 et 2 = 0

Année 3 jusqu'à l'année 10 = 10 % du prix d'achat

**Tableau 5: Les données économiques des prélocalisateurs**

| données   | valeur | unité |
|---|--------|-------|
| Volume récupéré pour le mois avril                          | 20000  | m3    |
| Pourcentage de réduction sur le nombre de fuite trouvées/an | 10%    | %     |
| Coût de prélocalisateur                                     | 6868   | DH    |
| Prix d'achat du m3 d'eau                                    | 5      | DH    |
| Nombre de pré localisateur                                  | 169    |       |
| COÛT DE LA BATTERIE   | 1000   | DH    |
| COÛT D'ÉTALONNAGE   | 500    | DH    |
| COÛT DE LA COMMUNICATION                                    | 15     | DH    |

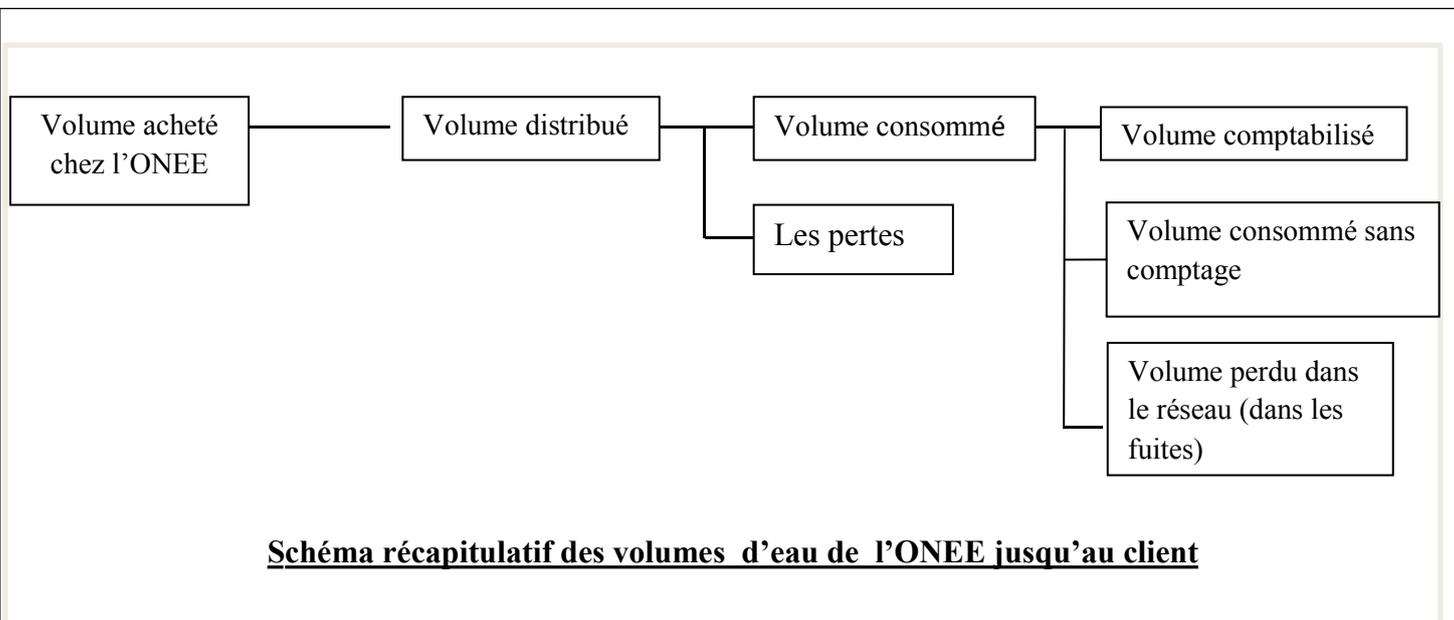
- Les frais de communication est inclus dans l'investissement sur 5 ans, après il devient 15 DHS/ mois/appareil

$$\text{Le coût de communication} = 15 \text{ DHS} * 169 * 12 \text{ mois}$$

- Le coût d'étalonnage aussi inclus dans l'investissement il se fait tout les 2 ans

$$\text{Le coût d'étalonnage} = 500 * 169$$

- Le prix d'achat d' 1 m<sup>3</sup> d'eau chez l'ONEE = 5 DHS/m<sup>3</sup>
- Le montant investie = 6868 \* 169 = 1 160 692 DHS



**Tableau 6: résumé de l'étude économique pour les prélocalisateurs :**

| Rubriques               | 2022      | 2023      | 2024      | 2025      | 2026      | 2027      | 2028      | 2029      | 2030      | 2031      |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Volume récupéré(m3)     | 240 000   | 216 000   | 194 400   | 174 960   | 157 464   | 141 718   | 127 546   | 114 791   | 103 312   | 92 981    |
| Coût récupérer (dhs/m3) | 1 200 000 | 1 080 000 | 972 000   | 874 800   | 787 320   | 708 588   | 637 729   | 573 956   | 516 561   | 464 905   |
| Coût récupéré cumulé    | 1 200 000 | 2 280 000 | 3 252 000 | 4 126 800 | 4 914 120 | 5 622 708 | 6 260 437 | 6 834 393 | 7 350 954 | 7 815 859 |
| Coût d'investissement   | 1 160 692 | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         | 0         |
| Coût de maintenance     | 0         | 0         | 84500     | 0         | 199420    | 114920    | 30420     | 30420     | 114920    | 199420    |
| batterie                | 0         | 0         | 0         | 0         | 169000    | 0         | 0         | 0         | 0         | 169000    |
| étalonnage              | 0         | 0         | 84500     | 0         | 0         | 84500     | 0         | 0         | 84500     | 0         |
| communication           | 0         | 0         | 0         | 0         | 30420     | 30420     | 30420     | 30420     | 30420     | 30420     |
| TOTAL                   | 1 160 692 | 0         | 84 500    | 0         | 199 420   | 114 920   | 30 420    | 30 420    | 114 920   | 199 420   |
| TOTAL CUMULE            | 1 160 692 | 1 160 692 | 1 245 192 | 1 245 192 | 1 444 612 | 1 559 532 | 1 589 952 | 1 620 372 | 1 735 292 | 1 934 712 |
| Retour                  | 39 308    | 1 119 308 | 2 006 808 | 2 881 608 | 3 469 508 | 4 063 176 | 4 670 485 | 5 214 021 | 5 615 662 | 5 881 147 |

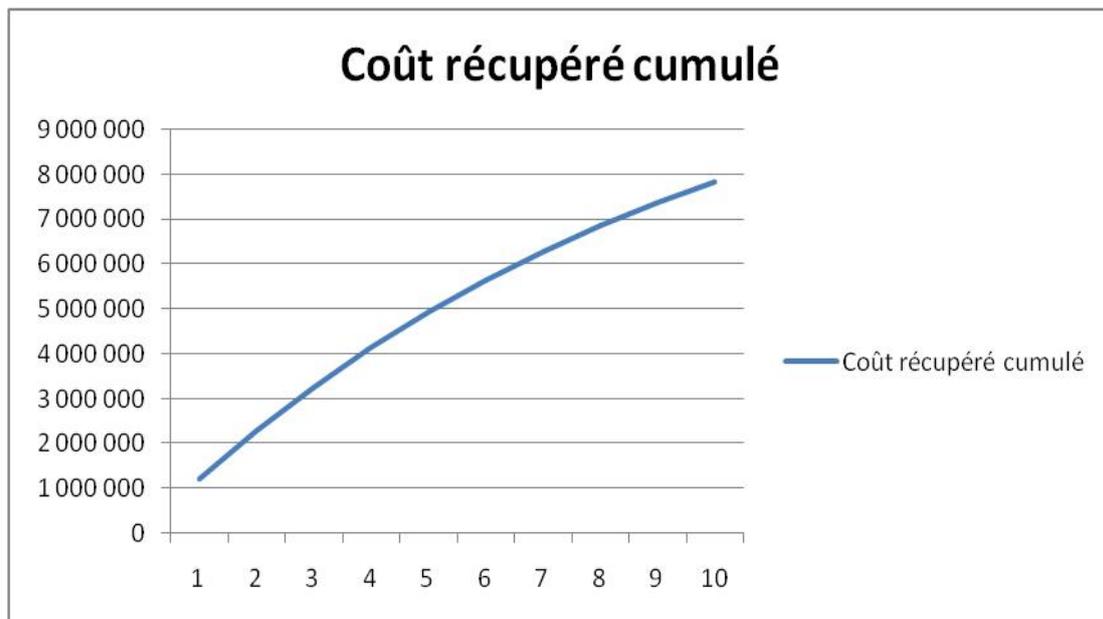
### 5-Le retour sur l'investissement pour les prélocalisateurs :

D'après le tableau 7, le retour sur la performance des appareils et sur ce qu'on a investi commence à partir de la 3<sup>ème</sup> année, ce qui est jugé acceptable.

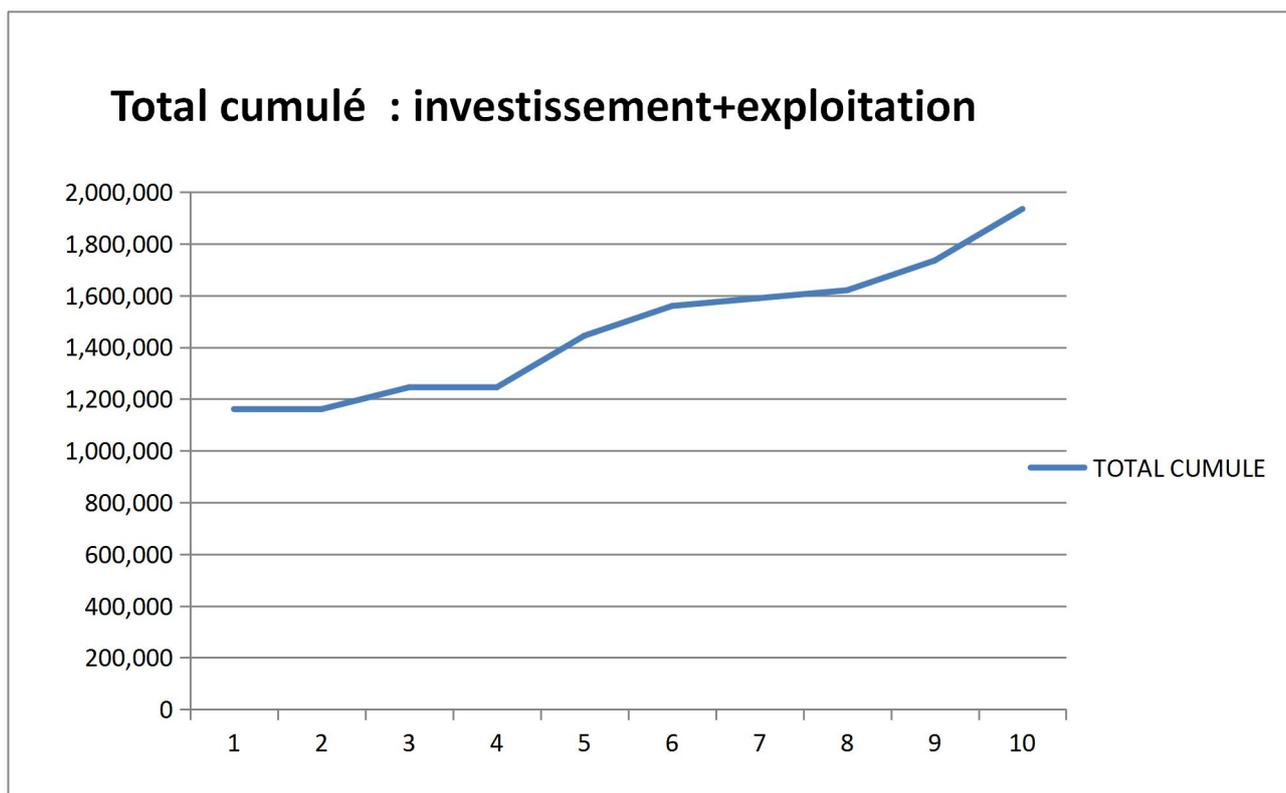
On considère que le volume récupéré sera réduit avec un pourcentage de 10 % chaque année.

On peut conclure que la prélocalisation à poste fixe minimise la durée de localiser les fuites et par conséquent, elle a un retour rapide sur l'investissement, ainsi un fort gain de productivité grâce à la prélocalisation qui oriente l'équipe sur la fuite directe.

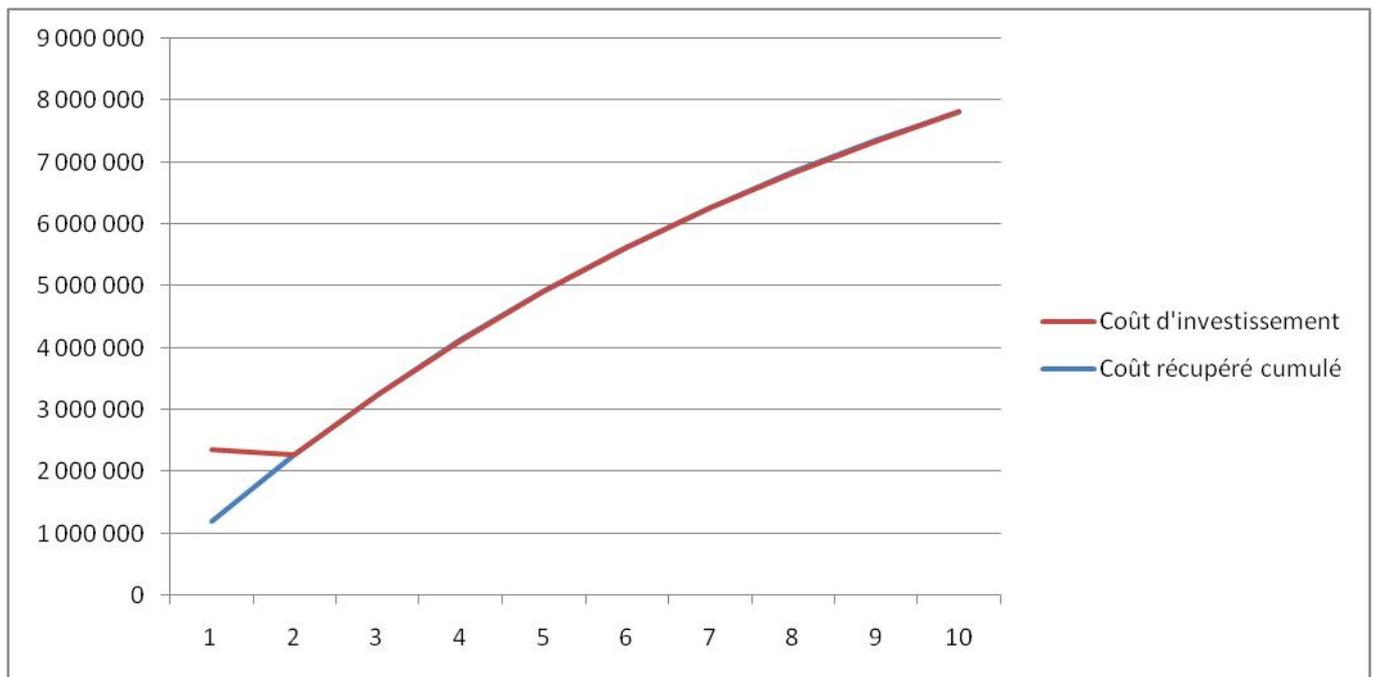
Au niveau de la quantité, la prélocalisation augmente le rendement de réseau par la réduction des fuites.



**Figure 13: Augmentation du coût récupère cumulé au cours des années**



**Figure 14: Augmentation total de cumulé avec les années**



**Figure 15: le retour sur l'investissement dès la 2ème année**

## CONCLUSION

La gestion patrimoniale des réseaux de l'eau potable à court et long termes vise l'atteinte d'un objectif de performance tout en optimisant les coûts et en gérant les risques, pour cela il est nécessaire d'agir sur le réseau afin qu'il conserve ses propriétés hydrauliques et d'éviter les dommages qui résultent de sa dégradation.

La détection des fuites sur les réseaux de distribution d'eau potable enterrées, a été et reste encore un enjeu difficile pour les exploitants, dont l'une des préoccupations est de minimiser les pertes d'eau entre la production et la distribution.

Les prélocalisateurs permanents ou fixes permettent d'informer en temps réel le cas de présence de fuite sur le réseau de distribution, réduisent la durée de détecter et réparer la fuite et par conséquent ils limitent le risque de dégradation de l'environnement.

Les développements en cours concernent les prélocalisateurs permanents visés à mettre au point des systèmes capables de passer automatiquement en corrélation entre détecter la fuite, la localiser puis la réparer.

La REDAL étend également ses réflexions aux supports de communication utilisés par des capteurs acoustiques et travaille sur les synergies possibles avec les infrastructures radio développées dans le cadre de télérelevés des compteurs.

La technique de prélocalisation à poste fixe vise à réaliser l'objectif de minimiser la durée, de localiser les fuites et de gagner à mettre tout le réseau de distribution d'eau surveillé en permanence.

Si le rendement d'eau augmente c'est grâce à une gestion rigoureuse et notamment grâce à un contrôle systématique de réseau.

## **Références**

**Fournitures des prélocalisateurs de fuites poste fixe avec des cartes SIM (Marche N 60/2021/O)**

**ONEE.ma (Office national d'électricité et de l'eau potable )**

**Onema\_Guide\_PlanActionsFuites\_BD.pdf**

**REDAL .ma**

**(Rdetek Réseaux)**

**[Réseau environnement, 99]**

**SEWERIN : Technologies pour la détection de fuites.**

**Nadira Merzouk : Méthodologie de détection et de localisation des fuites dans un réseau d'eau potable dans les petites et moyennes collectivités, proposition de deux modèles de localisation.180pages**

**Www.sewerin.com | sewerin@sewerin.fr**

# Webographie

<https://rdetek-reseaux.fr/service/comment-trouver-un-reseau-deau/>

<https://territoires-audacieux.fr/des-prelocalisateurs-de-fuites-pour-economiser-leau-distribuee-sur-le-territoire/>

<https://www.actu-environnement.com/ae/news/eau-potable-capteur-acoustique-gain-rapidite->

<https://www.inoxsa.ch/detection-fuite-eau/>

<https://www.evodis.be/eau/appareils/detection-de-fuites-d-eau>



## **Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques**

**Présenté par : SERMA AMINA**

**Année universitaire : 2021/2022**

**Titre : Étude technique et économique par la pose des prélocalisateurs des fuites à poste fixe au niveau du secteur B Modulé de Salé (REDAL Rabat)**

### **Résumé**

La problématique de Localiser les fuites constitue un enjeu environnemental et économique important, ce qui explique que la performance des gestionnaires d'eau potable est souvent jugée sur leur capacité à réduire la durée de localisation des fuites puis les réparer rapidement.

Le travail présenté dans ce mémoire s'articule autour de la localisation des fuites par adaptation d'une nouvelle technologie qui est la prélocalisation à poste fixe sur les réseaux d'eau potable.

Cette technique consiste à équipé le réseau de distribution par des capteurs acoustiques à poste fixe qui écoutent en permanence les bruits de réseau et informent en temps réel le cas de présence d'une fuite, ils permettent ainsi de réduire le temps d'écoulement d'une fuite.

On s'adresse à faire une étude technique et économique (investissement) par la pose des prélocalisateurs au niveau du secteur B Modulé de Salé (REDAL Rabat).

**Mots clés :** Prélocalisateur , détection des fuites, les pertes d'eau ,le secteur B modulé du salé , REDAL Rabat